



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(19) Veröffentlichungsnummer: 0 259 508
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 86112447.7

(51) Int. Cl.4: B21H 5/02 , B23Q 15/06

(22) Anmeldetag: 09.09.86

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.03.88 Patentblatt 88/11

(64) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: Wilhelm Hegenscheidt
Gesellschaft mbH
Neusser Strasse 3
D-5140 Erkelenz(DE)

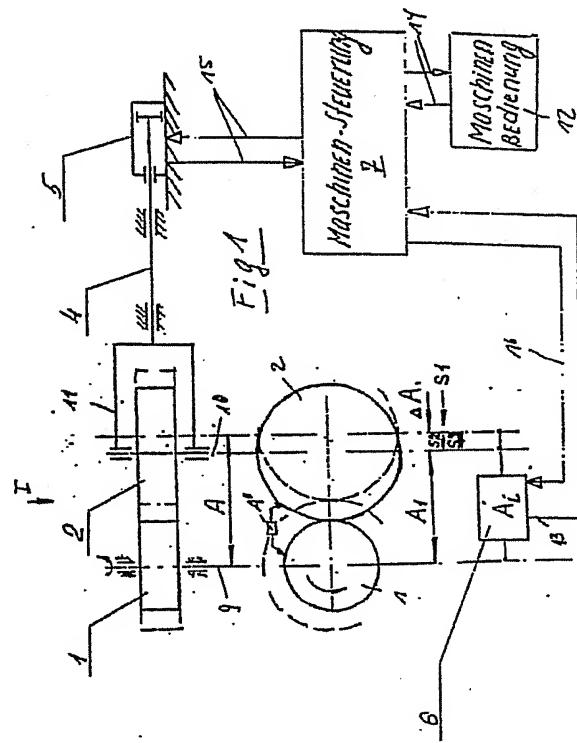
(72) Erfinder: Berstein, Garri, Dr.-Ing.
Charles de Gaulle Strasse 2
D-5140 Erkelenz(DE)
Erfinder: Feigentreu, Günter
Neumühle 17
D-5140 Erkelenz(DE)

(74) Vertreter: Liermann, Manfred
Josef-Schregel-Strasse 19
D-5160 Düren(DE)

(54) Verfahren und Einrichtung zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff.

(57) Die Erfindung betrifft sowohl ein Verfahren als auch eine Einrichtung zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff, bei dem ein Walzwerkzeug (2) dem Werkstück (1) zugeführt wird und auf dieses mit einer Walzkraft einwirkt. Hierbei wird vorgeschlagen, daß von einem vorgegebenen Zeitpunkt des Arbeitsablaufs an mindestens ein bestimmter Abstand (A) oder eine Abstandsänderung (ΔA) zwischen Werkstück und Werkzeug erfaßt und zur Steuerung oder Regelung des weiteren Bearbeitungsablaufes verwertet wird. Hierzu soll die notwendige Einrichtung mindestens Elemente eines Wegmeßsystems (6) aufweisen zur Erfassung der Positionen von Werkstück und Werkzeug relativ zueinander

EP 0 259 508 A1



Verfahren und Einrichtung zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff, bei dem ein Walzwerkzeug dem Werkstück zugeführt wird und auf dieses mit einer Walzkraft einwirkt, sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Das eingangs beschriebene Verfahren sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens sind bereits bekannt geworden durch ein Prospekt der Firma Zahnradfabrik Friedrichshafen AG aus dem Jahre 1982 mit dem Titel "ZF-Einwalzmaschinen". Das nach diesem Prospekt zu walzende Werkstück ist in einem Fall ein innenverzahntes und im anderen Fall ein außenverzahntes Zahnrad. Die am Werkstück durchzuführende Bearbeitung geht über den mikrogeometrischen Bereich hinaus, ist also mehr als die Einebnung von Oberflächenrauhigkeiten. Mit der Bearbeitung wird vielmehr eine Gestaltänderung des Werkstückes erzeugt, wobei die fertige Gestalt des Werkstückes üblicherweise eine recht hohe Maßgenauigkeit aufweisen muß. Unter der Überschrift "Maschinenablauf" ist dem genannten Prospekt zu entnehmen, daß die Walzspindel bei einer zugeordneten Druckstufe und Zeitspanne in Drehrichtung 1 in Rotation gebracht und nach Ablauf der eingestellten Zeit der Walzdruck zurückgenommen und die Rotation der Walzspindel in die Drehrichtung 2 umgeschaltet und eine entsprechende Druckstufe und Zeitspanne zugeschaltet wird. Dies bedeutet, daß die Abmessungen des fertigen Werkstückes nicht mit ausreichender Genauigkeit beherrschbar sind. Bei gleichem Walzdruck und gleicher Walzzeit hängt die Werkstückverformung und damit auch das Fertigmaß des Werkstückes, vom Fließwiderstand des Werkstückgefüges, vom Ist-Maß des Rohlings, von der Maschinenverformung und von verschiedenen weiteren, nicht kontrollierbaren Einflüssen ab. Auf die Genauigkeit des Werkstückes haben somit neben der Ist-Lage des Rohlings und der von Werkstück zu Werkstück wechselnden Eigenschaft des Werkstückes hinsichtlich seines Verformungswiderstandes insbesondere noch das Verformungsverhalten der Maschine selbst entscheidenden Einfluß. Dies betrifft die aufgrund der aus der Walzkraft resultierenden Reaktionskraft an der Maschine auftretende elastische Verformung verschiedener zusammenarbeitender Teile der Maschine, als auch die Aufsummierung von Lagerspielen und Führungsspielen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren vorzuschlagen, mit welchem eine höhere Arbeitsgenauigkeit erzielt wird. Weiterhin soll eine Maschine zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen werden.

Ausgehend von einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art ist diese Aufgabe dadurch gelöst, daß von einem vorgegebenen Zeitpunkt des Arbeitsablaufes an mindestens ein bestimmter Abstand und/oder die Änderung des Abstandes zwischen Werkstück und Werkzeug erfaßt und zur Steuerung oder Regelung des weiteren Bearbeitungsablaufes verwertet wird. Für die Genauigkeit des fertigen Werkstückes ist nicht die Dauer der Walzeinwirkung entscheidend, sondern vielmehr im wesentlichen der Abstand zwischen Werkstück und Werkzeug. Dieser Abstand zwischen Werkstück und Werkzeug soll daher erfindungsgemäß erfaßt werden. In Abhängigkeit von diesem Abstand oder auch von der Abstandsänderung wird dann der weitere Bearbeitungsablauf gesteuert oder geregelt. So ist es z.B. denkbar, daß ein bestimmter Abstand zwischen Werkstück und Werkzeug zunächst erfaßt wird. Dies kann beispielsweise der Abstand sein, bei dem erwartungsgemäß frühestens zwischen Werkstück und Werkzeug Arbeitskontakt entsteht. Beginnend mit diesem bestimmten Abstand kann nun eine geeignete Vorschubgeschwindigkeit und ein geeigneter Walzdruck, sowie eine geeignete Drehgeschwindigkeit und Drehrichtung über eine Maschinensteuerung bereitgestellt werden. Bei gleichzeitiger Erfassung der Abstandsänderung zwischen Werkstück und Werkzeug, kann recht genau ein Fertigmaß des Werkstückes eingefahren und danach der Walzvorgang ausgeleitet werden. Auf diese Art und Weise kann ein Werkstück hoher Maßgenauigkeit erreicht werden.

So wird denn auch in Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß in Abhängigkeit des genannten Abstandes oder der genannten Änderung des Abstandes die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubrichtung und/oder die Walzgeschwindigkeit gesteuert oder geregelt wird. Als entscheidende Einflußgrößen für die Genauigkeit des fertigen Werkstückes ist die Einflußnahme auf diese Größen in Abhängigkeit des Abstandes oder der Abstandsänderung zwischen Werkstück und Werkzeug besonders geeignet zur Erreichung hoher Werkstückgenauigkeiten.

Ergänzend ist nach der Erfindung vorgeschlagen, daß die Änderung des Abstandes aus dem entsprechenden Relativweg zwischen Werkstück und Werkzeug ermittelt wird. Hierdurch wird die sonst bei solchen Verfahren übliche indirekte Messung ausgeschaltet, wodurch eine weitere Verbesserung der Genauigkeit erreicht wird.

Wiederum eine Ausgestaltung der Neuerung sieht vor, daß der vorgegebene Zeitpunkt durch das Erreichen mindestens eines vorgegebenen Arbeitsparameters bestimmt ist. Hierdurch wird die gesamte Vorgehensweise vereinfacht. So ist es beispielsweise besonders einfach, als Arbeitsparameter die Walzkraft oder den Walzdruck zu erfassen und dann, wenn die vorbestimmte Walzkraft oder der vorbestimmte Walzdruck erreicht ist, das Erreichen dieser Größe zur Steuerung oder Regelung des weiteren Bearbeitungsablaufs zu verwenden. So kann ab diesem Zeitpunkt beispielsweise in Abhängigkeit von der Wegänderung oder in sonstiger geeigneter Abhängigkeit die Walzkraft oder die Vorschubgeschwindigkeit oder die Walzgeschwindigkeit oder Walzrichtung gesteuert oder geregelt werden. Es sei hierbei darauf hingewiesen, daß der Begriff Walzgeschwindigkeit auch die Walzrichtung umfaßt, weil die Geschwindigkeit ein Vektor ist.

So ist denn auch in ergänzender Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß der vorgegebene Zeitpunkt durch das Erreichen einer definierten Walzkraft bestimmt ist. Dies ist eine besonders geeignete Größe, weil vor Erreichen einer bestimmten Walzkraft eine für die Erfindung relevante Bearbeitung des Werkstückes nicht erfolgt und daher eine Regelung oder Steuerung des Bearbeitungsablaufs als solchem nicht erforderlich ist.

In ergänzender Ausgestaltung der Erfindung ist vorgeschlagen, daß die Vorschubgeschwindigkeit und/oder Walzgeschwindigkeit stufenförmig geändert wird. Hierdurch kann mit einfachen steuerungstechnischen Mitteln eine Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit und/oder der Walzgeschwindigkeit an die Bearbeitungssituation oder an die Nähe zum Fertigmaß des Werkstückes erfolgen.

Ergänzend ist daher nach der Erfindung noch vorgeschlagen, daß die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Walzgeschwindigkeit auf der jeweiligen Stufenebene konstant gehalten wird. Hierdurch wird einerseits eine weitere Vereinfachung der notwendigen Steuerungsmittel erreicht und es kann andererseits in einer Endlage ein Auswalzen des Werkstückes unter gleichzeitiger Beobachtung des Abstandes zwischen Werkstück und Werkzeug erfolgen.

Weiterhin ist nach der Erfindung vorgeschlagen, daß der Relativweg zwischen Werkstück und Werkzeug durch eine Positionserfassung definierter Orte an der Oberfläche von Werkstück und Werkzeug erfolgt. Hierdurch wird eine direkte Messung erreicht, wodurch alle Meßfehler, die bei einer indirekten Messung entstehen, vermieden werden.

Alternativ wird nach der Erfindung noch vorgeschlagen, daß der Abstand und/oder die Änderung des Abstandes zwischen Werkstück und Werkzeug durch die Erfassung der Positionen definierten Orte an der Oberfläche von mit dem Werkstück und mit dem Werkzeug zusammenwirkenden Bauteilen erfolgt. Durch diese Maßnahmen wird zwar nicht die hohe Genauigkeit der direkten Messung erreicht. Durch die Beschränkung auf mit dem Werkstück und mit dem Werkzeug zusammenwirkende Bauteile wird jedoch der mögliche Meßfehler sehr stark eingeengt und ausreichende Genauigkeit bei bestimmten Anforderungen noch erreicht. Darüber hinaus erleichtert die Messung an mit Werkstück und Werkzeug zusammenwirkenden Bauteilen sehr die Konstruktion der Meßeinrichtung dann, wenn Werkstück und Werkzeug zahnradartig ausgebildet sind.

Im Stand der Technik weisen Maschinen zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff, bei denen ein Walzwerkzeug dem Werkstück zugeführt wird und auf dieses mit einer Walzkraft einwirkt, Mittel für die Aufnahme eines Werkstückes, Mittel für die drehbare Aufnahme eines Werkzeuges sowie Mittel um Werkstück und Werkzeug zur Durchführung der Walzbearbeitung relativ zueinander zu bewegen und mindestens während der Walzbearbeitung drehanzutreiben auf. Um mit solchen Maschinen ein Verfahren nach der Erfindung durchführen zu können, ist vorgeschlagen, daß diese Maschinen mindestens Elemente eines Wegmeßsystems zur Erfassung der Positionen von Werkstück und Werkzeug relativ zueinander aufweisen. Bei Maschinen des eingangs zitierten Standes der Technik wird versucht, das Fertigmaß des Werkstückes über die Walzzeit zu bestimmen. Diese Methode erbringt jedoch keine befriedigenden Maßgenauigkeiten des Werkstückes. Es ist daher auch verschiedentlich schon vorgeschlagen worden, Werkstück und Werkzeug mit einer für die Walzoperation geeigneten Walzkraft aufeinanderzu zu bewegen, bis beispielsweise die Schlitten von Werkzeug und/oder Werkstück einen Festanschlag erreichen. Aber auch diese Methode hat nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt. Werden jedoch die Positionen von Werkstück und Werkzeug relativ zueinander über ein geeignetes Wegmeßsystem, von dem mindestens Elemente für die genannte Positionserfassung an der Maschine vorhanden sein sollen, erfaßt, so können in Abhängigkeit von den erfaßten Größen die Bearbeitungsparameter während des Walzens so gesteuert werden, daß eine ausreichende Maßgenauigkeit des Werkstückes erreicht wird. Das elastische Verhalten der

Bearbeitungsmaschine selbst kann hierbei keinen unkontrollierbaren Einfluß mehr auf das Walzergebnis und auf die Maßgenauigkeit des Werkstückes ausüben.

Weiterhin ist nach der Erfindung vorgeschlagen, daß die erfundungsgemäße Maschine Mittel zur Aktivierung des Wegmeßsystems aufweist. Hierdurch kann vermieden werden, daß das Wegmeßsystem mit Einschalten der Maschine ständig arbeitet. Die Arbeit des Wegmeßsystems kann vielmehr auf den für die Bearbeitung des Werkstückes selbst wichtigen Zeitraum beschränkt werden.

Es ist weiterhin nach der Erfindung vorgeschlagen, daß die Mittel mindestens eine definierte Größe mindestens eines Arbeitsparameters erfassen und in Abhängigkeit hiervon die Aktivierung des Wegmeßsystems vornehmen. In Abhängigkeit von bestimmten Besonderheiten des Werkstückes kann ein geeigneter Arbeitsparameter ausgesucht werden. Hierzu wird nach der Erfindung vorgeschlagen, daß die genannten Mittel geeignet sind, die Walzkraft oder den Arbeitsdruck eines die Walzkraft erzeugenden Druckmediums, zu erfassen. Als konkrete Ausbildung der Mittel kann hierzu beispielsweise ein Dehnmeßstreifen für die Erfassung der Walzkraft oder ein Druckschalter für die Erfassung des Druckes eines Druckmediums, mit dem die Walzkraft erzeugt wird, infrage.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird bezüglich des Meßsystems vorgeschlagen, daß Elemente des Wegmeßsystems als Taster ausgebildet sind zur Antastung der definierten Orte an den genannten Oberflächen. Durch die Verwendung von Tastern wird insbesondere die direkte Antastung der genannten definierten Orte erleichtert. Hierbei kann es sich sowohl um körperlich ausgebildete Tastfinger handeln, die zur Durchführung der Messung körperlich an den definierten Orten anliegen, als auch um berührungslos arbeitende Taster, wie z.B. Laserstrahlen, die z.B. bei axialer oder tangentialer Berührung hierfür vorgesehener definierter Orte an den genannten Oberflächen Licht remittieren, welches von entsprechenden Empfangsoptiken registriert wird. Hieraus läßt sich dann die Lage des lichtremittierenden Ortes bestimmen und ggfs. der Laserstrahl nachführen. Die Nachführung kann dann beispielsweise so erfolgen, daß die Quelle des Laserlichtes möglichst schnell so lange bewegt wird, bis an der erwarteten Stelle nicht mehr remittiert wird. Danach wird die Laserquelle angehalten und es muß erwartet werden, daß wegen der Weiterbewegung des anzutastenden definierten Ortes unmittelbar nach Stillstand der Laserquelle der Laserstrahl durch Berührung am definierten Ort wieder Licht remittiert, so daß auch die neue Lage des definierten Ortes bekannt ist. Gleichzeitig läßt sich aus der notwendigen

Verlagerungsgeschwindigkeit der Laserlichtquelle durch Bildung eines Mittelwertes eine Vorschubgeschwindigkeit errechnen. Dies ist sowohl bei linearer als auch bei drehender Verlagerung möglich.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß eine programmierbare Steuereinrichtung vorgesehen ist zur Programmierung mindestens einer definierten Größe oder einer Funktion mindestens eines Arbeitsparameters. Auf diese Art und Weise gelingt es, geeignete Arbeitsabläufe und geeignete Folgen von Arbeitsabläufen einzuprogrammieren und damit einen vollautomatischen Betrieb, auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Werkstücke, zu erreichen.

Ergänzend wird nach der Erfindung vorgeschlagen, daß das Wegmeßsystem mit der Steuereinrichtung verbunden ist. Hierdurch wird auf einfache Art und Weise eine Rückmeldung zur Steuereinrichtung, auch zur programmierten Steuereinrichtung, erreicht und der notwendige Regelkreis geschlossen.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgeschlagen, einen stufenlos regelbaren Vorschubantrieb vorzusehen, der in einer kinematischen Kette einen Walzkraftsensor aufweist, der seinerseits mit der Steuereinrichtung verbunden ist. Dies ist eine vorteilhafte Anordnung zur Erfassung der jeweils gewünschten Größen und zur Verwertung dieser Größen in der Steuereinrichtung.

Weiterhin ist nach der Erfindung vorgesehen, einen stufenlos regelbaren Hauptantrieb zu verwenden, der mit der Steuereinrichtung derart verbunden ist, daß Vorschubantrieb und Hauptantrieb in gegenseitiger Abhängigkeit betriebbar sind. Hierdurch gelingt es mit einfachen Mitteln die Vorschubgeschwindigkeit direkt mit der Walgeschwindigkeit zu koppeln, so daß beispielsweise ein bestimmter Vorschubbetrag pro Umdrehung des Werkstückes oder des Werkzeuges einstellbar wird, wobei schließlich noch ein Walzkraftübertragungssystem vorgesehen ist.

Die Erfindung soll nun anhand verschiedener Prinzipskizzen näher erläutert werden.

Es zeigen

Figur 1 schematischer Aufbau einer Walzeinrichtung in Seitenansicht mit Steuerung und Meßsystem für Außenbearbeitung

Figur 2 Einrichtung wie Figur 1, jedoch mit Walzkraftsensor in der kinematischen Kette des Vorschubantriebs

Figur 3 schematischer Aufbau einer Walzeinrichtung für Innenbearbeitung

Die Figuren 1 bis 3 zeigen lediglich die für die Erfindung relevanten Bauteile der erfundungsgemäßen Einrichtung in prinzipieller Darstellung, weil im wesentlichen von einer Maschine des ein-

gangs beschriebenen Standes der Technik ausgegangen werden kann. Eine detaillierte Beschreibung des Maschinenaufbaus ist daher nicht erforderlich.

Figur 1 zeigt ein Werkstück 1, das auf seiner Außenfläche vom Werkzeug 2 gewalzt werden soll. Durch den Walzvorgang soll das Werkstück 1 auf Maß gewalzt werden. Hierbei zeigt die dick ausgezogene Kontur in Figur 1 die Stellung von Werkstück 1 und Werkzeug 2 zu dem Zeitpunkt, in dem das Werkstück 1 sein Fertigmaß erreicht hat. Die ursprüngliche Abmessung des Werkstücks 1 ist in Übertriebener Darstellung gestrichelt dargestellt. Die Lage des Werkstücks 1 und des Werkzeugs 2 sind in Figur 1 auch noch in Richtung des Pfeils 1 gesehen dargestellt. Hierbei ist die Ausgangslage des Werkzeugs 2 ebenfalls gestrichelt dargestellt.

Zur Durchführung der Walzoperation ist das Werkstück 1 um eine zugeordnete Drehachse 9 drehbar gelagert. Das Werkzeug 2 ist um eine Drehachse 10 drehbar gelagert, wobei die Drehachse 10 vorzugsweise von einem gabelförmigen Träger 11 gehalten ist. Der gabelförmige Träger 11 wird getragen und bewegt von einem in Figur 1 nur schematisch dargestellten Walzschlitten 4. Der Walzschlitten 4 ist starr verbunden mit einem Vorschubantrieb 5, der im Ausführungsbeispiel nach Figur 1 als Hydraulikzylinder ausgebildet ist und eine stufenlose Bewegung des Walzschlittens 4 und damit des Trägers 11 für das Werkzeug 2 ermöglicht. Die Bewegungsgeschwindigkeit und die Bewegungsgröße, die vom Vorschubantrieb 5 erzeugt wird, wird von der Maschinensteuerung 7 überwacht und geregelt. Da es im Stand der Technik bekannt ist, einen Hydraulikmotor oder eine strömungsmittelbetätigten Kolben-Zylinder-Einheit nach Weggröße und Geschwindigkeit zu regeln, wird hier auf eine genauere Beschreibung der Art der Verbindung zwischen Vorschubantrieb 5 und Maschinensteuerung 7 verzichtet. Auf die Maschinensteuerung und damit auf deren Steuerungs- oder Regelungsbefehle kann Einfluß genommen werden durch die Eingabeeinrichtung 12, die auch als Programmiereneinrichtung für die Maschinensteuerung verwendet werden oder ausgebildet sein kann.

Zur Durchführung der Bearbeitung des Werkstückes 1 wird das Werkzeug 2 aus einer nicht dargestellten Rückzugslage radial auf das Werkstück 1 durch Betätigung des Vorschubantriebes 5 zu bewegen solange, bis die Drehachsen 9 und 10 von Werkstück 1 und Werkzeug 2 den Abstand A aufweisen. Hierzu hat sich somit das Werkzeug 2 in Richtung S1 bewegt. Ein Wegsensor 6 stellt hierbei das Erreichen des Abstandes A fest und gibt einen entsprechenden Impuls an die Maschinensteuerung 7. Dies ist durch die Linie

13 symbolisiert. Die Maschinensteuerung 7 wird veranlaßt nunmehr ggf. entsprechend einer Vorprogrammierung die Bearbeitung des Werkstückes 1 mit festgelegten oder vorprogrammierten Werten vorzunehmen. Solche Werte können vorprogrammiert oder eingegeben werden über die Eingabeeinrichtung 12, so daß bei Bedarf die Maschinensteuerung 7 die notwendige Information aus der Eingabeeinrichtung 12 abfragen kann oder

10 diese direkt von der Eingabeeinrichtung 12 erhält. Dies wird symbolisiert durch die Pfeile 14.

Ausgehend von der Position des Abstands A erhält der Vorschubantrieb 5 über die Maschinensteuerung 7 die Anweisung den Vorschub S2 zu fahren. Hierbei handelt es sich um die Anweisung eine bestimmte Vorschubgeschwindigkeit oder eine Geschwindigkeitsfunktion, je nach Programm der Maschinensteuerung 7, einzuhalten. Der Informationsaustausch zwischen dem Vorschubantrieb 5 und der Maschinensteuerung 7 wird symbolisiert durch die Pfeile 15. Für die Abarbeitung des Programms benötigt die Maschinensteuerung je nach Programm eine Information über die Wegänderung Delta A, die sie vom Wegsensor 6 erhält. Der Informationsweg ist symbolisiert durch die Linie 16.

Nachdem der Vorschubweg Delta A zurückgelegt ist, weisen die Drehachsen 9 und 10 den Endabstand A1 auf, bei dessen Erreichung die Vorschubbewegung S2 gestoppt, und ggf. nach einer Bewegungspause, umgekehrt werden kann in Richtung S3. Je nach Arbeitsprogramm und Art des Werkstückes und des Werkstoffes des Werkstückes, kann bei Erreichung des Abstandes A1 bereits das Fertigmaß des Werkstückes 1 vorliegen. Es ist aber auch möglich, daß z.B. abhängig vom Übermaß des Rohlings und vom Elastizitätsmodul des Werkstoffes des Werkstückes 1, die Umkehrbewegung S3 aus der Position A 1 zur Erreichung des Fertigmaßes erforderlich ist. Hierbei kann die Vorschubgeschwindigkeit des Vorschubes S3 mit zunehmendem Abstand zum Ausgangabstand A1 durchaus größer werden. Sie kann u.U. sogar vor Erreichen des Abstandes A in eine Eilgangrückzugsbewegung umgewandelt werden.

Über die Wegmeßeinrichtung, die aus dem Wegsensor und aus Mitteln die die Signale des Wegsensors verarbeiten besteht, wobei letztere vorzugsweise in die Maschinensteuerung 7 integriert sind, kann mit Hilfe der Maschinensteuerung und ggf. der zugehörigen Programmierung über den Vorschubantrieb 5 eine Vorschubbewegung unterschiedlicher und wechselnder Geschwindigkeitsfunktion erzeugt werden. Aber auch die Vorschubkraft und damit die Walzkraft kann, beispielsweise wegabhängig, verändert werden.

Die Abbildung 2 zeigt eine Einrichtung, die im wesentlichen gleich aufgebaut ist wie die Einrichtung nach Abbildung 1. Dort ist jedoch zwischen dem Walzschlitten 4 und dem Vorschubantrieb 5 noch ein Walzkraftsensor 3 eingebaut. Dieser Walzkraftsensor 3 kann unterschiedlichen Aufbau aufweisen. Er kann direkt auf die Walzkraft, beispielsweise mittels eines Piezokristalls, reagieren, oder aber auf die von der Walzkraft im Walzschlitten 4 erzeugte Verformung, die z.B. von einem Dehnmessstreifen erfaßt werden kann. Er könnte auch als Druckschalter ausgebildet sein, der den Druck des die Walzkraft erzeugenden Druckmediums überwacht. Auch andere Einrichtungen wären denkbar. Es könnten z.B. optische Mittel vorgesehen sein, die auf die Spannungsveränderung in den die Walzkraft übertragenden Bauteilen reagieren. Es soll auch der angegebene Ort des Einsatzes des Walzkraftsensors 3 nicht durch die Anordnung nach Abbildung 2 festgelegt sein. Beispielsweise könnte es sinnvoll sein bei Anwendung eines Dehnmessstreifens diesen in der Drehachse des Werkzeugs 2 anzutragen.

Unabhängig davon welcher Bauart der Walzkraftsensor 3 ist und wo er - wenn auch in zweckmäßiger Weise - angeordnet ist, so soll auf jeden Fall der Walzkraftsensor seine Information an die Maschinensteuerung 7 liefern, was durch den Pfeil 17 symbolisiert ist. Bei dieser Anordnung kann dann das Werkzeug 2 über den Vorschubantrieb 5 in Richtung S1 gegen das Werkstück 1 gefahren werden und es kann dann, beispielsweise bei Erreichung eines bestimmten Walzdruckes oder einer bestimmten Walzkraft, deren Erreichen durch den Walzkraftsensor 3 der Maschinensteuerung 7 mitgeteilt wird, der vorgesehene Bearbeitungsablauf von der Maschinensteuerung 7 abgearbeitet werden. Hierbei ist denkbar, daß sowohl die Information vom Walzkraftsensor, als auch die Information des Wegsensors ein Kriterium für die Abarbeitung des Bearbeitungsablaufs bzw. für den Beginn dieses Ablaufes darstellen. So ist es beispielsweise denkbar daß dann, wenn der Abstand A noch nicht erreicht ist, gleichzeitig aber das Erreichen eines bestimmten Druckes des Druckmediums vom Sensor 3 angezeigt wird, die Maschine stillgesetzt wird, weil dann entweder ein Werkstück 1 mit unzulässiger Aufmaßtoleranz vorliegt oder aber die kinematische Kette des Vorschubantriebs irgendwo einen Defekt aufweist, der die Einrichtung hemmt und einen Druckanstieg im Vorschubantrieb erzeugt. Ebenso ist es denkbar daß dann, wenn der Abstand A überschritten ist und eine vorgegebene Überschreitungstoleranz ebenfalls überschritten ist bevor eine ausreichende Walzkraft vom Walzkraft-

sensor 3 gemeldet wird, das bearbeitete Werkstück als Ausschuß entnommen wird, weil der Aufmaßbetrag des Rohlings zu gering war. Eine Reihe weiterer Funktionskontrollen sind noch möglich.

Figur 3 zeigt eine Einrichtung, die im Prinzip den Einrichtungen nach den Figuren 1 und 2 entspricht, jedoch ausgelegt ist für eine Innenbearbeitung. Während beispielsweise mit den Einrichtungen nach den Figuren 1 und 2 ringförmige oder scheibenförmige Körper an ihrem äußeren Umfang gewalzt werden können, kann mit einer Einrichtung nach der Figur 3 ein ringförmiger Körper an der inneren Oberfläche des Ringes bearbeitet werden. Die genannten Körper müssen nicht unbedingt eine glatte Oberfläche haben sondern können, und dies ist in Figur 3 angedeutet, an der zu walzenden Oberfläche durchaus verzahnt sein. Insbesondere das Walzen von verzahnten Körpern zeigt auch schon der eingangs beschriebene Stand der Technik. Ähnlich wie dort bereits gezeigt, ist eine Werkstückaufnahme 8 vorgesehen, die auf einer nicht näher bezeichneten Unterlagen aufliegen kann und frei drehbar ist. In diese Werkstückaufnahme 8 ist das als innenverzahntes Zahnrad ausgebildete Werkstück 1' eingelegt. Die Werkstückaufnahme 8 ist ebenfalls als Ring ausgebildet und kann in Anlage gebracht werden an eine Druckscheibe 18, die um eine zur Werkstückachse parallele Achse 20 drehbar gelagert ist. Die Achse 20 ist auf einem Walzschlitten 4' angeordnet, der in Richtung des Pfeiles 19 verchiebbar ist. Der Walzschlitten 4 wird von einer Vorschubspindel 21 bewegt. Hierbei wird die Vorschubspindel 21 über eine Übersetzung 22 von einem Vorschubantrieb 5' angetrieben. Auch hier ist wiederum in der kinematischen Kette des Vorschubantriebs ein Walzkraftsensor 3 der bereits beschriebenen Art angeordnet. Weiterhin steht auch bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 der Vorschubantrieb 5' sowie der Walzkraftsensor 3 in Verbindung mit der Maschinensteuerung 7, was durch die Pfeile 15' und 17' symbolisiert ist.

Im inneren Freiraum des Werkstückes 1' ist im Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ein Zahnrad als Werkzeug 2' auf der Achse 23 drehbar und von einem nicht näher dargestellten Hauptantrieb drehbar gelagert.

Bei der Lagerung des Werkzeuges 2' kann es sich sowohl um eine sogen. fliegende Lagerung handeln als auch um eine Lagerung, bei der die Achse 23 an ihren beiden Enden abgestützt ist, wie dies im Ausführungsbeispiel nach Figur 3 symbolisch dargestellt ist.

Auch im Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist ein Wegsensor 6 vorgesehen, der den Abstand der parallel zueinander angeordneten Achsen 20 und 23 überwacht.

Im Ausführungsbeispiel ist die Drehachse 23 des Werkzeuges 2' ortsfest angeordnet, während die Drehachse 9' des Werkstückes 1' parallel zur Drehachse 23 verschoben werden kann. Diese Verschiebung wird bewirkt durch eine entsprechende Verschiebung der Achse 20 mit der Druckscheibe 18, wobei diese Achse 20 in bereits beschriebener Weise vom Walzschlitten 4 in Richtung des Pfeils 19 bewegt werden kann. In Ausgangsstellung können die Achse 9' und 23 übereinanderfallen. Zur Einleitung einer Werkstückbearbeitung wird dann von der Maschinensteuerung der Vorschubantrieb 5' betätigt und damit über die Übersetzung 22 die Vorschubspindel 21 bewegt, wodurch abhängig von der Drehrichtung der Vorschubspindel 21, der Walzschlitten 4 verschoben wird. Sobald durch diese Verschiebung die Druckscheibe 18 zur Anlage an der Werkstückaufnahme 8 kommt, wird auch diese gleichsinnig mit verschoben. Hierdurch entfernen sich die Achsen 9' und 23 voneinander bis der Abstand A 1 erreicht ist. Dieser Abstand A 1 kann vom Wegsensor 6 ermittelt und an die Maschinensteuerung 7 gemeldet werden. Es ist aber auch möglich diesen Abstand A 1 nicht als festes Abstandsmaß vorzugeben, sondern als das Maß zu definieren, bei dem das Werkzeug 2' und das Werkstück 1' in einer solchen gegenseitigen Anlage gekommen sind, daß über den Walzkraftsensor 3 das Vorhandensein einer bestimmten Walzkraft an die Maschinensteuerung 7 gemeldet wird. Die Maschinensteuerung 7 kann dann bei Bedarf am Wegsensor 6 den dazu gehörigen Abstand A 1 abfragen, speichern und weiterverwerten. Ist also ein Abstand A 1 eingefahren oder nach Vorliegen einer bestimmten Walzkraft festgestellt worden, so können hiervon abhängig bestimmte vorgegebene Arbeitsschritte eingeleitet oder ein vorprogrammiertes Arbeitsprogramm abgefahren werden. Hierbei kann beispielsweise der Betrag A 1 durch entsprechende Verschiebung der Druckscheibe 18 und damit der Werkstückaufnahme 8 um den Betrag Delta A vergrößert werden, wobei der sich dann ergebende Abstand A 1 + Delta A einer Endlage entsprechen soll. Der Verfahrweg Delta A kann hierbei wieder vom Wegsensor 6 ermittelt und an die Maschinensteuerung 7 weitergeleitet werden. Gleichzeitig wird von der Maschinensteuerung am Vorschubantrieb 5' eine bestimmte Vorschubgeschwindigkeit vorgegeben deren Einhaltung vom Wegsensor 6 über die sich ergebende Wegveränderung in Abhängigkeit von der dazu benötigten Zeit überwacht wird. Evtl. Abweichungen werden hierbei von der Maschinensteuerung 7 sofort erkannt und korrigiert.

Mindestens während des Walzvorganges wird das Werkzeug 2' von einem nicht näher dargestellten Hauptantriebsmotor, dessen Drehrichtung reversierbar ist, angetrieben. Hauptantriebsmotor und Vorschubantrieb 5' können hierbei vorteilhaftweise über die Maschinensteuerung 7 miteinander verknüpft sein, so daß Antriebsgeschwindigkeit des Hauptantriebsmotors und Geschwindigkeit des Vorschubes miteinander gekoppelt sind. Dies erleichtert die Werkstückbearbeitung, weil hierdurch eine bestimmte Vorschubgröße in Abhängigkeit von der Umdrehung des Werkstückes oder des Werkzeuges eingestellt und damit auf die Werkstoffeigenschaften eingegangen werden kann und es ist eine solche Verknüpfung gleichzeitig maschinensichernd, weil bei Ausfall des Hauptantriebs automatisch der Vorschubantrieb stillgesetzt und damit eine Zerstörung von Werkstück, Werkzeug und Maschine verhindert wird.

Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen war der Meßsensor 6 so angeordnet, daß er den Abstand der Werkzeugachse und der Werkstückachse oder den Abstand der Werkzeugachse zu einem anderen Bezugsbauteil, bei Figur 3 der Achse 20, messen konnte. Dies ist bereits eine günstige Anordnung des Wegsensors. Hierbei muß jedoch eine gewisse elastische Verformung zwischen den in ihrer Abstandslage gemessenen Bauteilen während der Bearbeitung hingenommen werden, wodurch auch eine gewisse Meßungenauigkeit bezüglich der Werkstückabmessungen entsteht. Die Größe dieser Meßungenauigkeit ist jedoch gering und kann üblicherweise hingenommen werden. Daher ist es auch denkbar, daß der Wegsensor 6 beispielsweise die Lage der Achse 23 und 20 im Ausführungsbeispiel nach Figur 3 tragenden Bauenteile relativ zueinander mißt, weil hierdurch die zunehmende Ungenauigkeit gegenüber der vorher beschriebenen Variante nicht nennenswert wächst. Bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit ist jedoch auch eine entsprechend verbesserte Anordnung des Wegsensors 6 möglich, wie dies in Abbildung 1 angedeutet ist. Dort ist ein als alternative Ausführung zu verstehender Wegsensor eingezeichnet und mit A' bezeichnet. Dieser Wegsensor tastet direkt Werkstück und Werkzeug an deren Umfangsfläche an. Hierbei ist der mit A' bezeichnete Wegsensor vorzugsweise selbst nicht fixiert sondern freischwimmend aufgehängt, so daß er sich in Richtung der Relativbewegung von Werkstück und Werkzeug voneinander frei bewegen kann. In dieser Lage können dann ganz bestimmte vordefinierte Punkte an der Oberfläche auch während der Bewegung der beiden genannten Teile relativ zueinander angetastet werden. Dies ist die genaueste Möglichkeit der Abstandsmessung, weil Ungenauigkeiten durch in ihrer

Größe unbekannte elastische Verformungen sonstiger Bauteile der Einrichtung eliminiert sind. Mit dem beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren und der zugehörigen beschriebenen Einrichtung, deren prinzipieller Aufbau im wesentlichen den bereits bekannten Einrichtungen entsprechen kann, wird es erstmals möglich im Einstich zu walzende Werkstücke mit einem Walzwerkzeug zu walzen und hierbei gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbesserte Maßgenauigkeiten des Werkstückes zu erzielen.

Liste der verwendeten Bezugssymbole

- 1 Werkstück
- 1' Werkstück
- 2 Werkzeug
- 2' Werkzeug
- 3 Walzkraftsensor
- 4 Walzschlitten
- 4' Walzschlitten
- 5 Vorschubantrieb
- 5' Vorschubantrieb
- 6 Wegsensor
- 7 Maschinensteuerung
- 8 Werkstückaufnahme
- 9 Drehachse
- 9' Drehachse
- 10 Drehachse
- 11 gabelförmiger Träger
- 12 Eingabeeinrichtung
- 13 Linie
- 14 Pfeil
- 15 Pfeile
- 15' Pfeile
- 16 Linie
- 17 Pfeil
- 17' Pfeil
- 18 Druckscheibe
- 19 Pfeil
- 20 Achse
- 21 Vorschubspindel
- 22 Übersetzung
- 23 Achse

Ansprüche

1. Verfahren zum Walzen von Werkstücken aus duktilem Werkstoff, bei dem ein Walzwerkzeug dem Werkstück zugeführt wird und auf dieses mit einer Walzkraft wirkt, dadurch gekennzeichnet, daß von einem vorgegebenen Zeitpunkt des Arbeitsablaufes an mindestens ein bestimmter Abstand (A) und/oder die Änderung des Abstandes (Delta A)

zwischen Werkstück (1) und Werkzeug (2) erfaßt und zur Steuerung oder Regelung des weiteren Bearbeitungsablaufes verwertet wird.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit des genannten Abstandes (A) oder der genannten Änderung des Abstandes (Delta A) die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubrichtung (S1, S2, S3) und/oder die Walzgeschwindigkeit gesteuert oder geregelt wird.
- 10 3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung des Abstandes (Delta A) aus dem entsprechenden Relativweg zwischen Werkstück (1) und Werkzeug (2) ermittelt wird.
- 15 4. Verfahren mindestens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitpunkt durch das Erreichen mindestens eines vorgegebenen Arbeitsparameters bestimmt ist.
- 20 5. Verfahren mindestens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Zeitpunkt durch das Erreichen einer definierten Walzkraft bestimmt ist.
- 25 6. Verfahren mindestens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Walzgeschwindigkeit stufenförmig geändert wird.
- 30 7. Verfahren mindestens nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Walzgeschwindigkeit auf der jeweiligen Stufenebene konstant gehalten wird.
- 35 8. Verfahren mindestens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Relativweg zwischen Werkstück und Werkzeug durch eine Positionserfassung definierter Orte an der Oberfläche von Werkstück (1) und Werkzeug (2) erfolgt.
- 40 9. Verfahren mindestens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (A) und/oder die Änderung des Abstandes (Delta A) zwischen Werkstück (1) und Werkzeug (2) durch die Erfassung der Positionen definierter Orte an der Oberfläche von mit dem Werkstück (1) und dem Werkzeug (2) zusammenwirkenden Bauteilen erfolgt.
- 45 10. Maschine zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 9, mit Mitteln für die Aufnahme eines Werkstückes, Mitteln für die drehbare Aufnahme eines Werkzeuges, sowie mit Mitteln um Werkstück und Werkzeug zur Durchführung einer Walzbearbeitung relativ zueinander zu bewegen und mindestens während der Walzbearbeitung drehanzutreiben, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens Elemente (6) eines Wegmeßsystems (6,7) zur Erfassung der Positionen von Werkstück (1) und Werkzeug (2) relativ zueinander aufweist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch Mittel zur Aktivierung des Wegmeßsystems (6,7).
 12. Einrichtung mindestens nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel mindestens eine definierte Größe mindestens eines Arbeitsparameters erfassen und in Abhängigkeit hiervon die Aktivierung des Wegmeßsystems (6,7) vornehmen.
 13. Einrichtung mindestens nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel geeignet sind, die Walzkraft oder den Arbeitsdruck eines die Walzkraft erzeugenden Druckmediums zu erfassen.
 14. Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Elemente des Wegmeßsystems (6,7) als Taster ausgebildet sind zur Antastung der definierten Orte an den genannten Oberflächen.
 15. Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine programmierbare Steuereinrichtung (7) vorgesehen ist zur Programmierung mindestens einer definierten Größe oder einer Funktion mindestens eines Arbeitsparameters.
 16. Einrichtung mindestens nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Wegmeßsystem (6,7) mit der Steuereinrichtung (7) verbunden ist.
 17. Einrichtung mindestens nach einem der Ansprüche 10 bis 16, gekennzeichnet durch einen stufenlos regelbaren Vorschubantrieb (5), der in einer kinematischen Kette einen Walzkraftsensor (3) aufweist, der seinerseits mit der Steuereinrichtung (7) verbunden ist.
 18. Einrichtung mindestens nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch einen stufenlos regelbaren Hauptantrieb, der mit der Steuereinrichtung (7) derart verbunden ist, daß Vorschubantrieb (5) und Hauptantrieb in gegenseitiger Abhängigkeit betreibbar sind.
 19. Einrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein Walzkraftübertragungssystem vorgesehen ist.

5

10

15

20

25

30

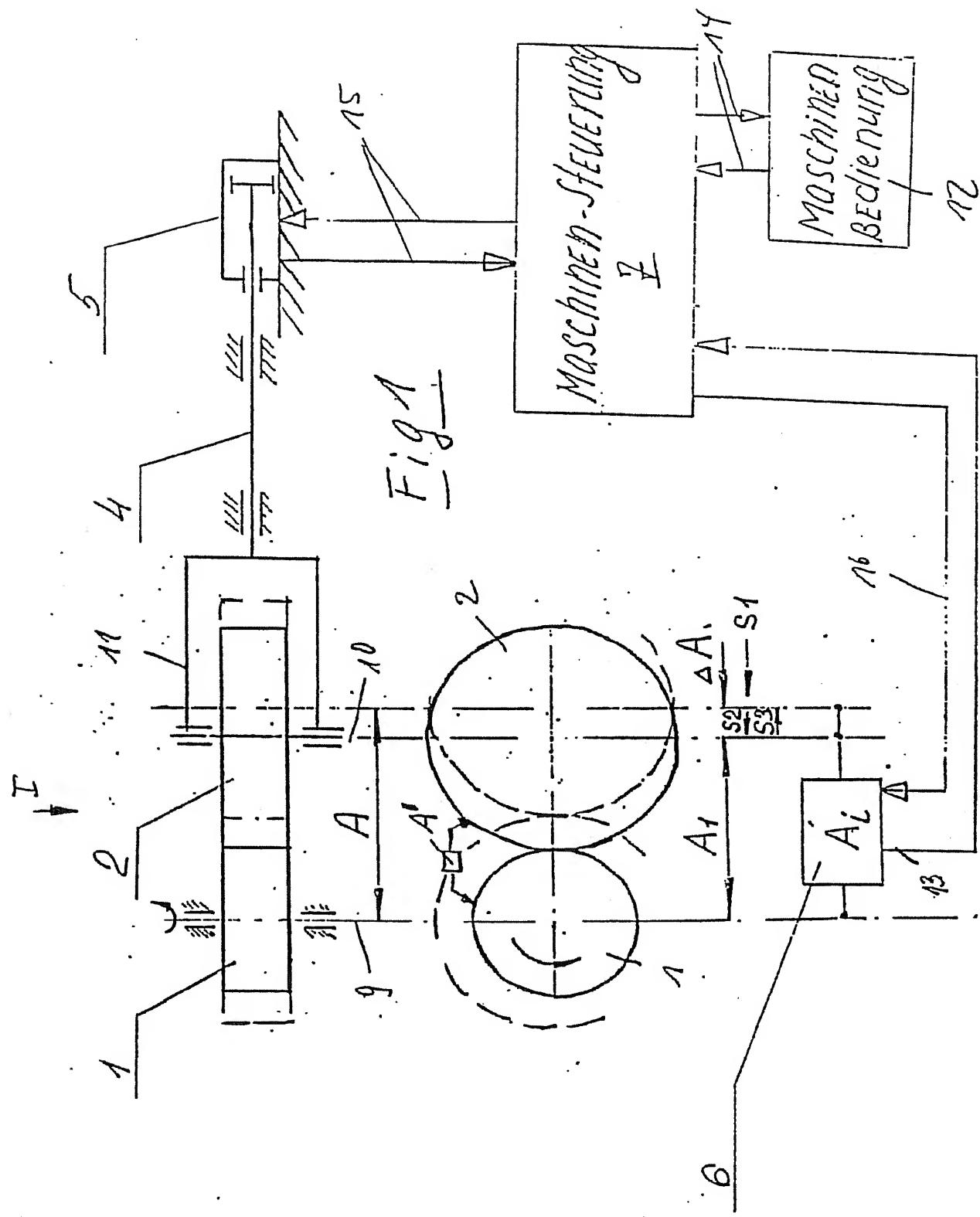
35

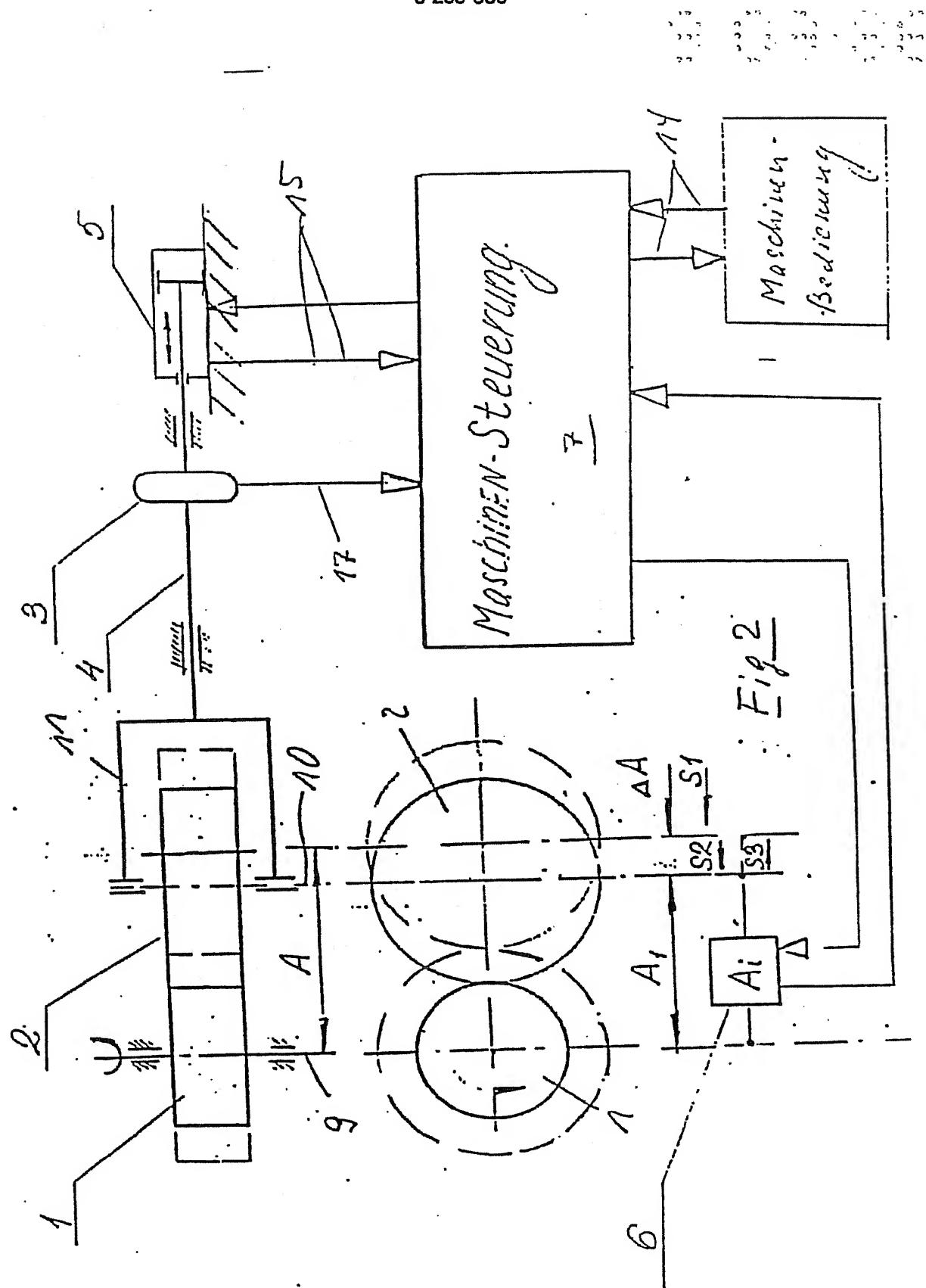
40

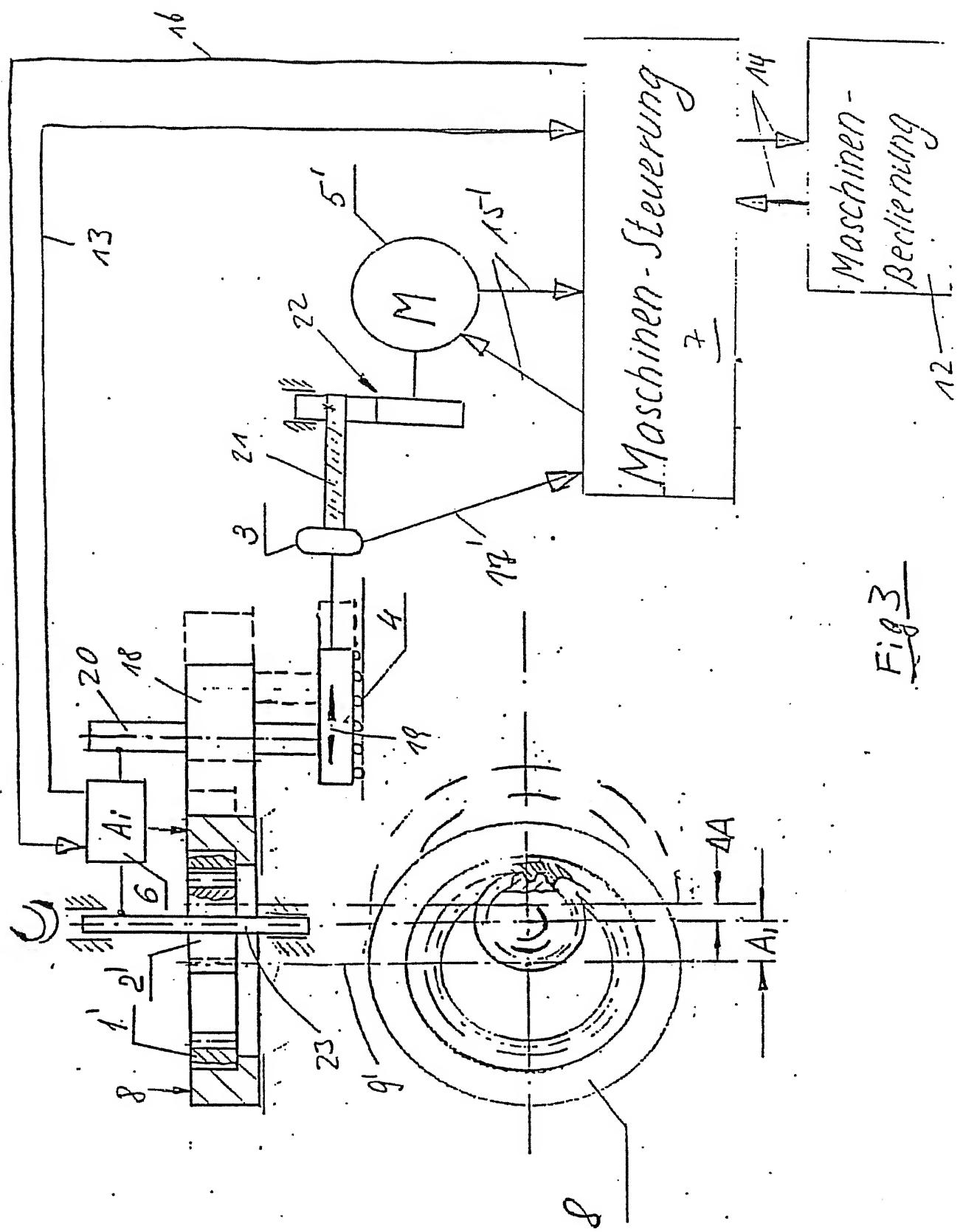
45

50

55





Fig 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 86 11 2447

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	DE-A-2 029 747 (MAAG-ZAHNRÄDER & -MASCHINEN) * Figur 2, Anspruch 1 *	1	B 21 H 5/02 B 23 Q 15/06
A	DE-B-2 517 561 (MESELTRON) * Anspruch 1, Figur 1 *	1	
A	DE-A-2 224 909 (FOKKER) * Anspruch 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			B 21 H 5/00 B 23 Q 15/00 B 21 B 37/00
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort BERLIN	Abschlußdatum der Recherche 03-03-1987	Prüfer SCHLAITZ J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

